

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN UNGGULAN MELIBATKAN MAHASISWA S2**



**INVESTIGASI PENGARUH KONSENTRASI OKSIGEN DAN KARBON  
DIOKSIDA UNTUK PENCEGAHAN *CHILLING INJURY*  
PADA PENYIMPANAN TERUNG PIRUS**

**Dr. ANDASURYANI, S.TP, M.Si / NIDN 0013047307 (KETUA)  
KHANDRA FAHMY, Ph.D / NIDN 0008048104 (ANGGOTA)  
DEWI SRIWAHYUNINGSIH / BP 1421122002 (MAHASISWA S2)**

**Dibiayai oleh Dana DIPA Universitas Andalas  
Tahun Anggaran 2015, Nomor: SP Dipa-042.04.2.400084/2015, Tanggal 15 April 2015**

**UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2015**





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

**Universitas Andalas**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN**

KAMPUS LIMAU MANIS PADANG – 25163 Telp./Fax.(0751) 777413

Website: [www.tep.fateta.unand.ac.id](http://www.tep.fateta.unand.ac.id)

e-mail : [ps\\_tep@fateta.unand.ac.id](mailto:ps_tep@fateta.unand.ac.id)

**SURAT KETERANGAN**

No. 023/UN16.11/KP/TEP/2016

Yang bertanda tangan dibawah ini Ketua Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas, dengan ini menerangkan bahwa karya ilmiah dengan :

**Judul : Investigasi Pengaruh Konsentrasi Oksigen dan Karbondioksida untuk Pencegahan *Chilling Injury* pada Penyimpanan Terung Pirus**

**Penulis : Andasuryani, Khandra Fahmy dan Dewi Sriwahyuningsih**

Sudah terdokumentasi di perpustakaan Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Padang, 23 Februari 2016

**Ketua  
Program Studi Teknik Pertanian**



**Dr. Andasuryani, S.TP., M.Si**

**NIP. 19730413 199802 2 001**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENELITIAN UNGGULAN MELIBATKAN MAHASISWA S2**

Judul Penelitian : Investigasi Pengaruh Konsentrasi Oksigen dan Karbon Dioksida untuk Pencegahan *Chilling Injury* Pada Penyimpanan Terung Pirus

Kode/ Nama Rumpun Ilmu : 163/ Teknologi Pertanian

Bidang Unggulan PT : Ketahanan Pangan

Topik Unggulan : Teknologi inovatif untuk peningkatan kualitas dan keamanan hasil pertanian

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si

b. NIDN : 0013047307

c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

d. Program Studi : Teknik Pertanian

e. Nomor HP : 081374317783

f. Alamat Surel (e-mail) : [andasuryani@gmail.com](mailto:andasuryani@gmail.com); [andasuryani@yahoo.com](mailto:andasuryani@yahoo.com)

Anggota Peneliti :

a. Nama Lengkap : Khandra Fahmy, Ph.D ✓

b. NIDN : 0008048104

c. Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

Anggota Peneliti (Mahasiswa S2) :

a. Nama Lengkap : Dewi Sriwahyuningsih ✓

b. BP : 1421122002

d. Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

**Lama Penelitian Keseluruhan** : 1 tahun

**Penelitian Tahun ke** : 1

**Biaya Penelitian Keseluruhan** : Rp. 50.000.000,-

**Biaya Penelitian Berjalan** :

- diusulkan ke DIKTI Rp.-
- dana internal PT Rp. 50.000.000,-
- dana institusi lain Rp.-
- inkind sebutkan Rp.-

Padang, 10 Desember 2015



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

**Prof. Dr. Ir. Santosa, MP**  
NIP/NIK. 196407281989031003



Mengetahui,  
Ketua Lembaga Penelitian

**Prof. Dr. Herwandi, M.Hum.**  
NIP/NIK. 196209131989011001

Ketua Peneliti,

**Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si**  
NIP/NIK. 197304131998022001



## RINGKASAN

Penyimpanan buah-buahan dan sayur-sayuran pada suhu rendah mulai dari panen sampai ke tangan konsumen merupakan cara yang efektif untuk mempertahankan mutu dan menjaga nilai gizinya. Akan tetapi, kebanyakan buah-buahan dan sayur-sayuran yang berasal dari daerah tropis dan sub tropis adalah sensitif terhadap suhu dingin dan mengalami kerusakan bila disimpan di bawah suhu kritisnya dalam rentang waktu tertentu dan kondisi ini disebut dengan *chilling injury*. *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) atau kemasan atmosfir termodifikasi merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengurangi *chilling injury* pada produk yang sensitif terhadap suhu dingin. Kemasan ini menciptakan kondisi atmosfir yang rendah  $O_2$  dan tinggi  $CO_2$  di dalam kemasan. Akan tetapi, kondisi yang paling efektif mengurangi kerusakan dingin belum diketahui, karena toleransi produk terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi berbeda untuk setiap komoditi. Apabila produk disimpan di bawah batas toleransi  $O_2$  rendah akan menyebabkan terjadinya respirasi anaerobik sedangkan bila disimpan di atas batas toleransi  $CO_2$  tinggi menyebabkan terjadi kerusakan fisiologi, *off-flavour* dan *off-odor*.

Identifikasi kondisi yang paling efektif untuk mengurangi *chilling injury* diperlukan untuk suksesnya kemasan atmosfir termodifikasi yang dirancang. Penelitian ini bertujuan menginvestigasi pengaruh  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi terhadap mutu terung pirus pada penyimpanan suhu rendah. Terung pirus disimpan pada suhu rendah pada berbagai konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi, serta kombinasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi untuk melihat toleransi buah terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi.

Tahapan penelitian yang sudah dilakukan sampai laporan ini dibuat adalah tahap penentuan suhu kritis penyimpanan dengan menggunakan persamaan Arrhenius untuk melihat hubungan antara laju respirasi terung pirus dengan suhu penyimpanan. Tingkatan suhu yang digunakan adalah suhu  $5^{\circ}C$ ,  $10^{\circ}C$ ,  $15^{\circ}C$  dan suhu ruang sebagai kontrol. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa suhu  $10^{\circ}C$  merupakan suhu kritis penyimpanan yang diperoleh dari persamaan Arrhenius. Persamaan yang diperoleh tersebut berupa persamaan regresi non linear yaitu  $Y_{CO_2} = -0.054x + 22.67$  dan  $Y_{O_2} = 0.017x - 2.883$ . Dengan demikian suhu penyimpanan yang digunakan untuk penentuan komposisi  $O_2$  dan  $CO_2$  pada penyimpanan termodifikasi adalah  $\geq 10^{\circ}C$ .

Laporan ini belum menyampaikan hasil penentuan toleransi buah terhadap konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi serta kombinasi konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi pada suhu  $10^{\circ}C$ . Hal ini disebabkan terkendalanya pada peralatan ruang pendingin atau kulkas sehingga pengambilan data belum selesainya dilakukan sampai batas waktu penyerahan laporan akhir. Namun kegiatan penelitian ini terus berlanjut untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Tahapan penelitian selanjutnya adalah menentukan toleransi buah terhadap konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi serta kombinasi konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi pada suhu  $10^{\circ}C$ . Parameter mutu yang diamati selama penyimpanan meliputi susut bobot, warna kulit, kekerasan, vitamin C, total padatan terlarut, *electrolyte leakage* dan *malondialdehyde*. Dengan diketahui toleransi terung pirus terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi, maka akan membantu dalam pemilihan jenis film kemasan pada kemasan atmosfir termodifikasi.



## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pengesahan	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	6
3.1 Tujuan Penelitian	6
3.2 Manfaat Penelitian	6
BAB 4 METODE PENELITIAN	7
4.1 Persiapan Sampel	7
4.2 Penentuan Suhu Kritis	8
4.3 Toleransi terhadap O <sub>2</sub> rendah dan CO <sub>2</sub> tinggi	9
4.4 Analisis statistik	11
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	12
5.1 Pengukuran sifat fisik	12
5.2 Penentuan suhu kritis	14
5.3 Pembuatan <i>chamber</i>	16
5.4 Penentuan komposisi atmosfer penyimpanan	17
BAB 7 KESIMPULAN	18
DAFTAR PUSTAKA	22



## BAB 1. PENDAHULUAN

Tingginya konsumsi buah dan sayuran segar telah meningkatkan nilai jualnya tidak hanya di pasar domestik tapi juga di pasar luar negeri. Pada pasar luar negeri biasanya menempuh jarak yang jauh dan bahkan dapat lebih lama lagi karena ada pengaruh cuaca dan permasalahan di beacukai. Kondisi ini akan mengurangi mutu produk dan memperpendek umur simpan karena buah dan sayuran adalah produk yang mudah rusak. Karena alasan ini, maka diperlukan teknologi yang dapat mempertahankan mutu dan mengurangi kehilangan hasil selama penyimpanan dan proses transportasi.

Penyimpanan pada suhu rendah merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mempertahankan mutu produk selama penyimpanan dan proses transportasi. Karena penyimpanan pada suhu rendah dapat menghambat degradasi mutu dengan cara menekan laju respirasi, produksi etilen, dan aktifitas fisiologi lainnya (Wills *et al.*, 2007). Akan tetapi, beberapa komoditi sensitif terhadap suhu rendah yang menyebabkan kerusakan bila disimpan pada suhu tersebut (Kader, 2002a). Hal ini akan mengurangi mutu dan memperpendek umur simpan produk (Macrae, 1987).

Diantara teknologi yang tersedia untuk mempertahankan mutu buah dan sayuran pada suhu rendah, kemasan atmosfir termodifikasi atau *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) merupakan teknologi yang menjanjikan dan telah menjadi subyek dalam berbagai penelitian. Wang dan Qi (1997) melaporkan pengemasan buah mentimun dengan *low-density polyethylene* (LDPE) dapat memperlambat gejala awal kerusakan dingin. MAP juga dapat mengurangi kerusakan dingin pada mangga (Pesis *et al.*, 2000), melon (Flores *et al.*, 2004), dan persik (Fernández-Trujilio *et al.*, 1998).

Kemampuan MAP dalam mengurangi kerusakan dingin karena kondisi atmosfir yang rendah  $O_2$  dan tinggi  $CO_2$  yang terbentuk di dalam kemasan. Meskipun MAP dapat mengurangi kerusakan dingin, akan tetapi, kondisi yang paling efektif dalam



mengurangi kerusakan dingin belum diketahui. Hal ini disebabkan oleh toleransi produk terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi berbeda pada tiap komoditi (Beaudry, 2000; Watkins, 2000). Fahmy dan Nakano (2014) melaporkan penyimpanan buah mentimun pada kondisi  $O_2$  rendah dapat mengurangi kerusakan dingin, kombinasi dengan  $CO_2$  tinggi menstimulasi terjadinya kerusakan. Yearsley *et al.* (1996) juga melaporkan bahawa penyimpanan di atas batas  $CO_2$  menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologi pada produk, sedangkan penyimpanan dibawah batas  $O_2$  rendah menyebabkan terjadinya respirasi anaerobik atau fermentasi.

Terung pirus merupakan salah satu tanaman perdu famili *Solanaceae*. Terung pirus kaya akan pro-vitamin A yang baik untuk kesehatan mata dan vitamin C untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Penanganan pasca panen seperti suhu penyimpanan sangat berpengaruh terhadap mutu dan kualitas buah terung pirus (Silaban *et al.*, 2013). Akan tetapi, jika disimpan pada suhu yang tidak tepat akan menyebabkan terjadinya kerusakan buah. Oleh karena itu, penentuan suhu kritis penyimpanan diperlukan untuk menentukan suhu terendah yang aman dalam penyimpanan terung pirus. Disamping itu, belum ada informasi yang tersedia tentang toleransi terung pirus terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi pada penyimpanan suhu rendah.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Suhu merupakan faktor penting dalam mempertahankan kualitas produk pasca panen seperti buah-buahan, sayur-sayuran dan oramentals. Pengaruh suhu terhadap produk hortikultura setelah panen secara umum dapat diklasifikasikan sebagai pengaruh suhu normal, pengaruh suhu rendah dan pengaruh suhu tinggi (Wills *et al.*, 2007). Produk pasca panen idealnya disimpan dan ditransportasikan pada suhu rendah untuk memperpanjang umur simpan. Penyimpanan suhu rendah umumnya memberikan keuntungan karena mengurangi seluruh aktifitas metabolisme produk seperti respirasi dan produksi etilen. Akan tetapi, pengaruh penurunan suhu terhadap kualitas produk tidak sama pada setiap komoditi. Beberapa produk sensitif terhadap suhu dingin dan menjadi rusak jika disimpan di bawah suhu kritisnya.

Kerusakan dingin terjadi pada beberapa komoditi terutama pada produk tropikal dan sub tropikal jika disimpan pada suhu di atas titik beku dan di bawah suhu 5°C sampai 15°C tergantung pada komoditinya. Gejala yang umum pada kerusakan dingin adalah pencoklatan, pitting, *water soaked area*, pematangan tidak merata, *off-flavor*, and mempercepat pembusukan (Kader 2002a). Bahkan gejala ini semakin berkembang jika dipindahkan ke suhu ruang (*warm temperature*).

Terdapat dua hipotesis untuk menjelaskan mekanisme kerusakan dingin pada produk yang sensitif terhadap suhu rendah, yaitu *primary respond* dan *secondary respond*. *Primary respond* dianggap sebagai konsekuensi perubahan sel membran pada suhu rendah. Fase membran lipid bertransformasi dari *liquid crystalline* ke *solid-gel* (Parkin *et al.*, 1989). *Primary respond* akan berubah menyebabkan *secondary respond* yang ditandai dengan akumulasi *reactive oxygen species* (ROS) (Karakaş and Yıldız, 2007), peningkatan malondialdehyde (MDA) (Yang *et al.*, 2011), dan peningkatan *increase electrolyte leakage* (Cabrera and Saltveit, 1990).

Kemasan atmosfer termodifikasi adalah metode yang menjanjikan untuk meminimalkan kerusakan dingin pada produk yang sensitif terhadap suhu dingin jika disimpan pada suhu rendah. Pengemasan produk di dalam kemasan yang menciptakan



suasana atmosfer yang rendah konsentrasi  $O_2$  dan tinggi konsentrasi  $CO_2$  dibandingkan dengan kondisi udara ambien. Kondisi ini memberi keuntungan untuk merendahkan kerusakan dingin pada produk yang sensitif terhadap suhu dingin karena mengurangi laju respirasi dan produksi etilen, *water loss* dan kerusakan fisiologi lainnya. Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa kemasan atmosfer termodifikasi sukses mengurangi kerusakan dingin pada terung (Fallik *et al.*, 1995), mentimun (Wang dan Qi, 1997) peach (Fernández-Trujillo *et al.*, 1998), mangga (Pesis *et al.*, 2000), melon (Flores *et al.*, 2004). Akan tetapi, terdapat keterbatasan informasi kemasan atmosfer termodifikasi dalam merendahkan kerusakan dingin pada produk yang sensitif terhadap suhu dingin. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk keberhasilan penggunaan kemasan atmosfer termodifikasi bagi berbagai macam produk yang sensitif terhadap suhu dingin.

Kemampuan kemasan atmosfer termodifikasi untuk mengurangi kerusakan dingin tidak berbeda-beda pada setiap komoditi. Hal ini disebabkan karena toleransi produk terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi tidak sama untuk setiap komoditi. Beaudry (2000) dan Watkins (2000) menyatakan, perlakuan produk segar pada level di atas batas toleransi  $CO_2$  dapat menyebabkan kerusakan fisiologis dan perlakuan pada level di bawah batas toleransi  $O_2$  dapat meningkatkan proses respirasi anaerob dan pembentukan flavor yang buruk akibat terbentuknya etanol dan asetaldehid.

Terung pirus ini populer dengan nama terung belanda atau tamarillo. Terung belanda (*Cyphomandra betacea* Sent.), termasuk keluarga *Solanaceae*. Aktivitas fisiologis pada buah yang sudah dipanen dapat menimbulkan gangguan pada bahan tanaman diantaranya adalah penguapan atau transpirasi, pernafasan atau respirasi, dan perubahan biologis lain karena pada periode pasca panen kehilangan bahan tersebut tidak akan diganti oleh induknya. Kondisi buah pada periode pasca panen sangat tergantung dari cadangan makanan dan kandungan air pada buah tersebut serta panjangnya periode pasca panennya (Silaban *et al.*, 2013).

Buah terung pirus yang berkulitas baik yaitu berwarna merah ungu, berukuran besar, tekstur tidak lembek, bebas dari luka dan penyakit tanaman serta memiliki



tampilan buah yang segar sangat diminati oleh masyarakat dan industri-industri makanan karena kandungan vitamin dan mineral yang sangat baik bagi kesehatan. Hasil penelitian Elisa (2011) ditemukan bahwa perubahan fisik dan kimia yang terjadi selama pematangan buah terung pirus, sebaiknya dipanen pada saat matang supaya mutu buah dapat dipertahankan selama penyimpanan 15 hari dalam suhu 10°C dan penyimpanan selama 10 hari dalam penyimpanan suhu ruang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu rendah, konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi, serta kombinasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi terhadap toleransi buah terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi. Selama penyimpanan, parameter mutu buah seperti berat buket, warna kulit buah, kekerasan, kadar air, kadar gula, *electrolyte leakage* dan *malondialdehyde* (MDA) akan diamati.

#### 1.2. Tujuan penelitian

Penelitian ini didasarkan pada latar belakang dan tujuan di atas, maka urgensi dari rencana penelitian ini adalah untuk memperpanjang umur simpan terung pirus melalui teknologi *low temperature* termodifikasi pada suhu rendah. Teknologi ini dapat mempertahankan mutu dan mengurangi kehilangan hasil produk pertanian selama perjalanan dari produsen ke konsumen. Seperti diketahui bahwa, buah dan sayuran adalah komoditas yang termasuk terung pirus sehingga dengan mengetahui suhu kritis penyimpanan maka umur simpan dapat diperpanjang. Dengan demikian, nilai jual buah terung pirus akan merosot karena masih segar setelah beberapa waktu setelah panen.

Salah satu tujuan dari rencana penelitian ini adalah menentukan suhu kritis terung pirus terhadap  $O_2$  dan  $CO_2$  pada penyimpanan suhu rendah terung pirus dengan menggunakan atmosfer termodifikasi. Dengan demikian, kegiatan penelitian yang dilakukan ini dapat mendukung kemajuan ilmu pengetahuan dalam hal penyimpanan buah dan mengurangi kehilangan hasil produk pertanian.



### BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

#### 3.1. Tujuan penelitian

Identifikasi kondisi yang paling efektif untuk mengurangi *chilling injury* diperlukan dalam mendesain kemasan atmosfer termodifikasi. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah menginvestigasi pengaruh  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi terhadap mutu terung pirus selama penyimpanan suhu rendah. Terung pirus disimpan pada suhu rendah pada berbagai konsentrasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi, serta kombinasi  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi untuk mempelajari toleransi buah terhadap  $O_2$  rendah dan  $CO_2$  tinggi. Selama penyimpanan, parameter mutu buah seperti susut bobot, warna kulit buah, kekerasan, total padatan terlarut, *electrolyte leakage* dan *malaondialdehyde* (MDA) akan diamati.

#### 3.2 Manfaat penelitian

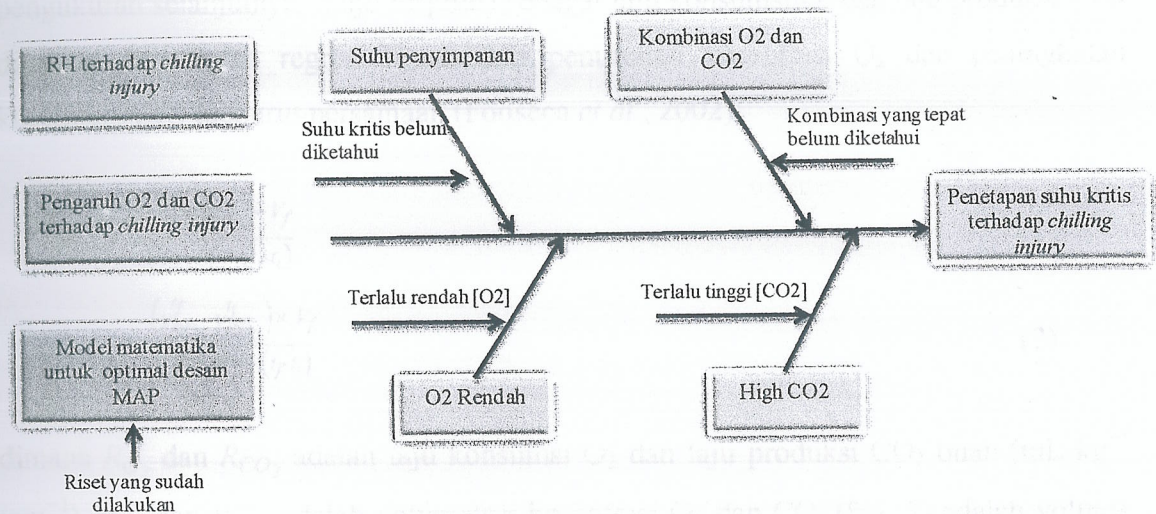
Berdasarkan pada latar belakang dan tujuan di atas, maka urgensi dari rencana penelitian ini adalah untuk memperpanjang umur simpan terung pirus melalui teknologi kemasan atmosfer termodifikasi pada suhu rendah. Teknologi ini dapat mempertahankan mutu dan mengurangi kehilangan hasil produk pertanian selama penyimpanan dan proses transportasi. Seperti diketahui bahwa, buah dan sayuran adalah produk yang mudah rusak termasuk terung pirus sehingga dengan mengetahui suhu kritis penyimpanan maka umur simpan dapat diperpanjang. Dengan demikian, nilai jual buah terung pirus tidak akan merosot karena masih segar setelah beberapa waktu setelah panen.

Temuan yang ditargetkan dari rencana penelitian ini adalah menentukan suhu kritis dan toleransi terhadap  $O_2$  dan  $CO_2$  pada penyimpanan suhu rendah terung pirus melalui teknologi kemasan atmosfer termodifikasi. Dengan demikian, kegiatan penelitian yang diusulkan ini dapat mendukung kemajuan ilmu pengetahuan dalam hal mempertahankan mutu dan mengurangi kehilangan hasil produk pertanian.



## BAB 4. METODE PENELITIAN

Penelitian yang diusulkan ini dilakukan selama satu tahun, yang hasilnya berupa penetapan suhu kritis dan toleransi terhadap  $O_2$  dan  $CO_2$  pada penyimpanan suhu rendah terung pirus melalui teknologi kemasan atmosfer termodifikasi. Tahapan-tahapan kegiatan untuk mencapai tujuan penelitian yang diusulkan digambarkan pada *fishbone diagram*, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Fishbone diagram* penelitian yang direncanakan

### 4.1. Persiapan sampel

Terung pirus dipanen dari kebun pada tingkat kematangan komersial dan ditransportasikan secepatnya ke laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas. Buah disortir dan dipilih berdasarkan ukuran dan bebas dari kerusakan visual sebelum memulai percobaan.

### 4.2. Penentuan suhu kritis penyimpanan

Terung pirus disimpan dalam wadah penyimpanan dan ditempatkan di dalam



inkubator pada suhu 5°C, 10°C, 15°C, dan suhu ruang. Laju respirasi buah diukur dengan menggunakan *closed system method*. Pada saat pengambilan gas, sekitar 0.5 kg buah dipindahkan dari wadah penyimpanan ke *gas-tight glass desiccators*. Perubahan konsentrasi gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> di dalam *desiccators* diukur sebanyak 5 kali pada selang waktu  $\pm 15$  menit dengan menggunakan *Check Point-Handheld Gas Analyser* (Dansensor, Denmark). Setelah pengukuran konsentrasi gas, *glass desiccators* dibuka dan buah dikembalikan ke dalam wadah penyimpanan untuk disimpan kembali sampai pengukuran selanjutnya. Laju respirasi sebagai laju konsumsi O<sub>2</sub> dan laju produksi CO<sub>2</sub> dihitung dari kurva regresi linear dari penurunan konsentrasi O<sub>2</sub> dan peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> menurut persamaan (Fonseca *et al.*, 2002):

$$R_{O_2} = \frac{(y_{O_2}^{t_i} - y_{O_2}^{t_f}) \times V_f}{100 \times W \times (t_f - t_i)} \quad (1)$$

$$R_{CO_2} = \frac{(y_{CO_2}^{t_f} - y_{CO_2}^{t_i}) \times V_f}{100 \times W \times (t_f - t_i)} \quad (2)$$

dimana  $R_{O_2}$  dan  $R_{CO_2}$  adalah laju konsumsi O<sub>2</sub> dan laju produksi CO<sub>2</sub> buah (mL kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup>),  $y_{O_2}$  dan  $y_{CO_2}$  adalah volumetrik konsentrasi O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> (%),  $V_f$  adalah volume bebas wadah (mL) dan  $W$  adalah berat buah (kg).

Suhu kritis penyimpanan ditentukan dengan menggunakan persamaan *Arrhenius* dengan melihat hubungan antara laju respirasi dengan suhu penyimpanan:

$$R_{O_2, CO_2} = a \exp(-E_a/RT) \quad (3)$$

dimana  $R_{O_2, CO_2}$  adalah laju respirasi produk sebagai O<sub>2</sub> konsumsi dan CO<sub>2</sub> produksi (mL/kg jam),  $a$  adalah konstanta persamaan *Arrhenius*,  $E_a$  adalah energi aktivasi,  $R$  konstanta gas ideal dan  $T$  adalah suhu (K).



#### 4.3. Toleransi terhadap O<sub>2</sub> rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi

Terung pirus disimpan di dalam wadah penyimpanan kemudian ditempatkan di dalam inkubator pada suhu berdasarkan hasil Sub Bab 4.2. Komposisi gas yang diuji dalam penyimpanan terung pirus adalah:

- (1) Toleransi terhadap O<sub>2</sub> rendah (1%, 2% dan 3% O<sub>2</sub>) dengan pengimbang gas N<sub>2</sub> dan udara ambien sebagai kontrol).
- (2) Toleransi terhadap CO<sub>2</sub> tinggi (10%, 15% dan 20% CO<sub>2</sub>) dengan 21% O<sub>2</sub> dengan pengimbang gas N<sub>2</sub> dan udara ambien sebagai kontrol).
- (3) Kombinasi O<sub>2</sub> rendah dengan CO<sub>2</sub> tinggi (O<sub>2</sub> rendah 1% atau 2% O<sub>2</sub> dengan 10%, 15% dan 20% CO<sub>2</sub>) dan udara ambien sebagai kontrol).

Gas dialirkan dalam wadah penyimpanan secara terus menerus dari tabung gas dengan kecepatan 50 ml/min. Selama penyimpanan, komposisi gas di dalam wadah penyimpanan dimonitor dengan menggunakan *Check Point-Handheld Gas Analyser* (Dansensor, Denmark). Selama penyimpanan mutu buah seperti susut bobot, warna kulit, kekerasan, vitamin C, total padatan terlarut, electrolyte leakage dan malondialdehyde diamati sampai kondisi buah tidak layak konsumsi (busuk).

##### a) Susut bobot

Berat buah untuk setiap kondisi penyimpanan ditimbang setelah sampai di laboratorium dan setelah penyimpanan pada berbagai komposisi gas. Susut bobot dihitung sebagai persentase dari berat awal produk.

##### b) Warna buah

Warna buah diukur dengan menggunakan Hunter Lab untuk mendapatkan parameter  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ . Nilai  $L^*$  mengindikasikan *lightness*, nilai  $a^*$  mengindikasikan *chromacity* dari hijau (-) ke merah (+), dan  $b^*$  mengindikasikan *chromacity* dari biru (-) ke kuning (+). Dari nilai  $a^*$  dan  $b^*$  yang didapatkan, *chroma* dihitung dengan  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$  sebagai intensitas buah dan *hue-angle* dihitung dengan  $\tan^{-1}b^*/a^*$  sebagai *actual color* (McGuire, 1992).



c) *Kekerasan*

Kekerasan buah diukur dengan menggunakan *force gauge* pada 4 posisi buah jeruk. Dari hasil pengukuran akan diperoleh nilai kekerasan buah dalam Newton.

d) *Total padatan terlarut*

Total padatan terlarut diukur dengan menggunakan *refractometer* dimana hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan Brix.

e) *Vitamin C*

Terung pirus ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan solusinya disaring dengan menggunakan kertas saring. Filtrate yang diperoleh sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam *Erlenmeyer*. Tambahkan 2 mL larutan amilum 1%, kemudian titrasi dengan larutan iod 0,007 N sampai timbul warna biru. Setiap 1 mL iod 0,001 N ekuivalen dengan 0,88 mg asam askrobat. Vitamin C dihitung dengan persamaan (Sudarmadji *et al.*, 2007):

$$\frac{\text{Mg asam askrobat}}{100 \text{ g sampel}} = \frac{\text{mL iod 0,007} \times \text{pengencer} \times 100}{\text{Berat sampel}} \quad (4)$$

f) *Electrolyte leakage*

Pengujian electrolyte leakage dilakukan dengan menggunakan metoda Saltveit (2002) dengan beberapa modifikasi. Mesocarp dari terung pirus (11 mm diameter) dipotong dengan *stainless steel cork borer* untuk menghasilkan 4 mm ketebalan disk. Disk direndam di dalam air deionized selama 1 menit sebanyak 3 kali. Tiga disk dipilih dan ditempatkan dalam tabung sentrifugal 50 mL yang berisi 20 mL mannitol dengan konsentrasi 0,2 M. Tabung di *shake* pada kecepatan 100 cycles/menit dalam *water bath incubator*. Konduktivitas diukur dengan menggunakan *conductivity meter* pada 0,5, 1,0 dan 1,5 jam setelah penambahan mannitol. Selanjutnya tabung dibekukan, dicairkan dan direbus selama 10 menit. Total konduktivitas diukur setelah *shake* selama 0,5 jam. Pembacaan konduktivitas sampel dirubah menjadi persentase dari total konduktivitas.



g) *Malondialdehyde content*

*Malondialdehyde*(MDA) *content* ditentukan dengan menggunakan metode Hodges et al., (1999) dengan beberapa modifikasi. 1 g sampel dilarutkan dengan 10 mL etanol 80% dan 0,5 g inert sand menggunakan lumpang. Kemudian di sentrifugal pada kecepatan 3000 g pada suhu 4°C selama 10 min. 1 mL aliquot dari sampel ditambahkan 65% thiobarbituric acid (TBA) solution yang terdiri dari 20% (w/v) trichloroacetic acid (TCA) and 0.01% butylatedhydroxytoluene (BHT) atau ditambahkan dengan solution yang terdiri atas 20% (w/v) TCA and 0.01% BHT. Sampel di dicampur dan kemudian direbus dalam air mendidih selama 25 menit. Setelah itu sampel didinginkan dengan air es dan disentrifugal pada kecepatan 3000 g pada suhu 4°C selama 10 menit. Kemudian absorbannya diukur dengan menggunakan spectrophotometer pada panjang gelombang 532 nm, 440 nm dan 600 nm. MDA content dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$[(A_{532+TBA} - A_{600+TBA}) - (A_{532-TBA} - A_{600-TBA})] = A \quad (5)$$

$$[(A_{440+TBA} - A_{600+TBA}) \times 0.0571] = B \quad (6)$$

$$\text{MDA equivalents (nmol mL}^{-1}\text{)} = ((A - B)/157000) \times 10^6 \quad (7)$$

#### 4.4. Analisis statistik

Penelitian ini dirancang sebanyak tiga kali ulangan untuk setiap perlakuan. Perbedaan signifikan ditentukan dengan mengurangi nilai rata-rata untuk analisis varian dan dibandingkan dengan uji Tukey pada taraf 5% dengan menggunakan R 2.15.2 (R Foundation).

Gambar 2. Pengukuran diameter terung pirus.



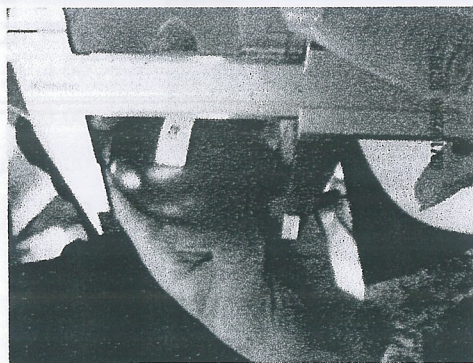
## BAB 5. HASIL YANG DICAPAI

### 5.1. Pengukuran sifat fisik terung pirus ( ukuran dan bentuk)

Ukuran produk merupakan salah satu faktor internal yang dapat mempengaruhi respirasi. Terung pirus yang digunakan pada penelitian ini merupakan terung pirus yang telah siap panen (matang fisiologis) (Gambar 1). Pengukuran sifat fisik terung (Gambar 2) dilakukan dengan mengukur diameter aritmetika, geometri dan kuadrat. Hasil analisis untuk ukuran dan bentuk terung pirus diperlihatkan pada Gambar 3. Ukuran rata-rata dimensi terung pirus adalah  $3.76 \pm 0.24$  cm;  $5.24 \pm 0.39$  cm;  $3.77 \pm 0.24$  cm dengan koefisien variasinya 6.31%; 7.42% dan 6,40% berturut-turut untuk dimensi minor, mayor, dan intermediate.

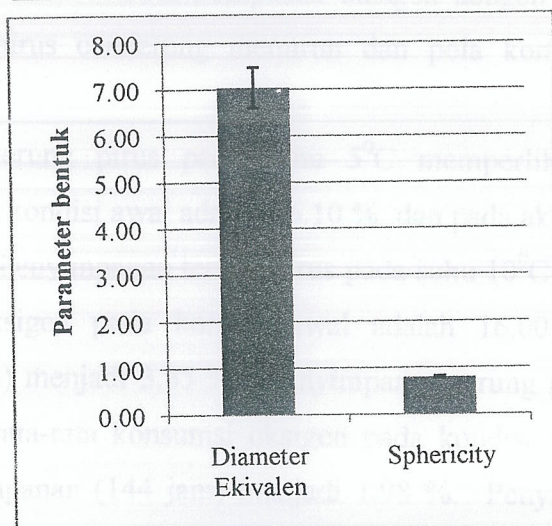
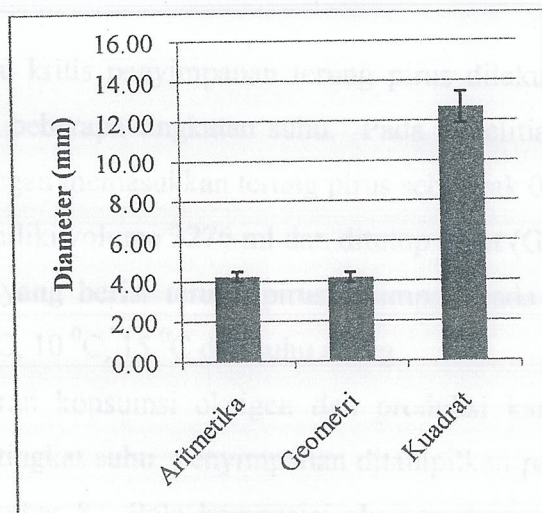
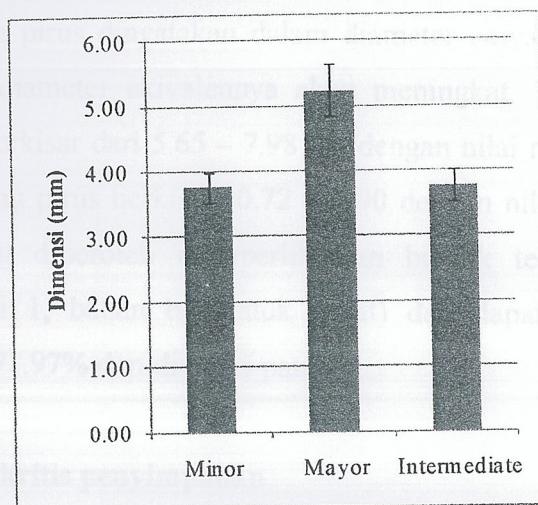


**Gambar 1.** Sampel terung pirus yang digunakan dalam penelitian.



**Gambar 2.** Pengukuran diameter terung pirus.





**Gambar 3.** Ukuran dan bentuk terung pirus



Ukuran terung pirus dinyatakan dalam diameter ekivalennya. Semakin besar ukuran buah, maka diameter ekivalennya akan meningkat. Nilai diameter ekivalen terung pirus adalah berkisar dari 5.65 – 7.98 cm dengan nilai rata-rata  $7.05 \pm 0.44$  cm. Nilai *sphericity* terung pirus berkisar 0.72 – 0.90 dengan nilai rata-rata  $0.80 \pm 0.03$ . Nilai *sphericity* yang diperoleh memperlihatkan bentuk terung pirus yang bulat (*sphericity* mendekati 1, bahan berbentuk bulat) dan dapat mengelinding dengan dimensi tebal sekitar 71.97% dari dimensi panjang.

## 5.2 Penentuan suhu kritis penyimpanan

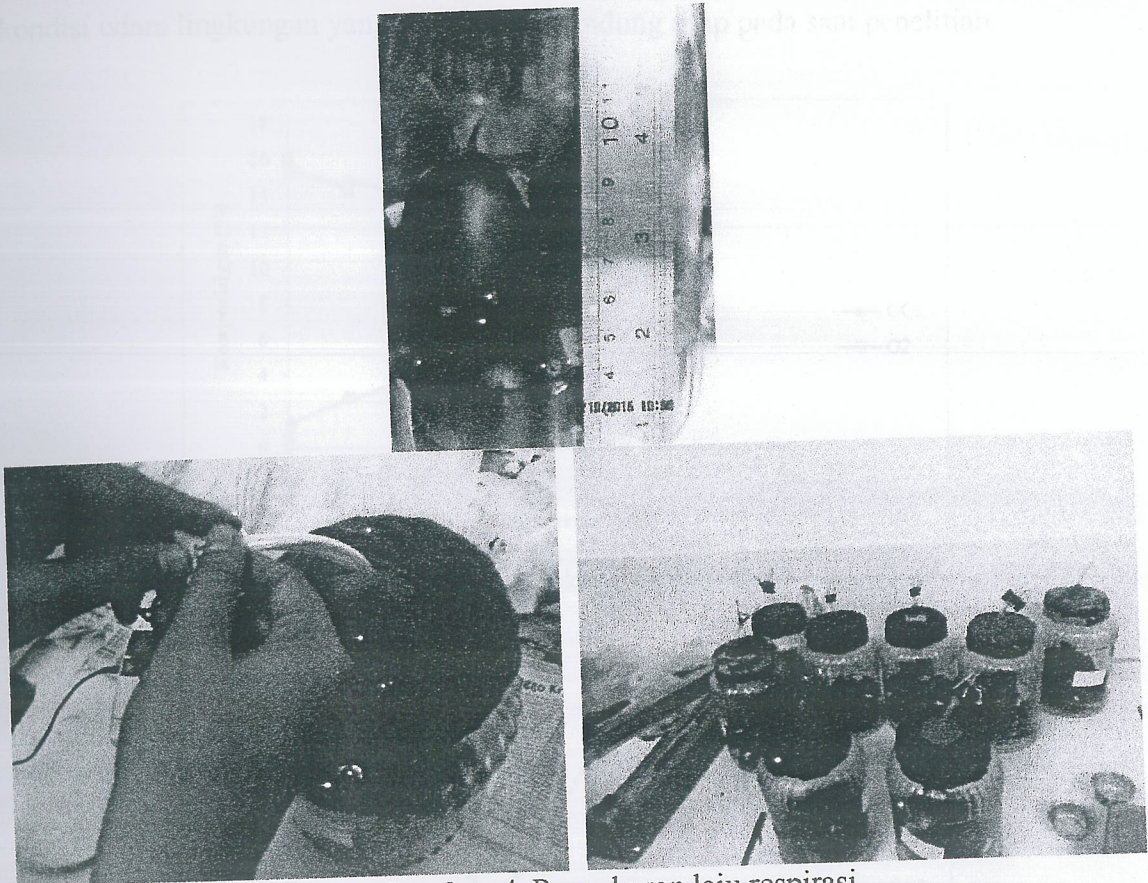
Penentuan suhu kritis penyimpanan terung pirus dilakukan dengan mengukur laju respirasinya pada beberapa tingkatan suhu. Pada penelitian ini, pengukuran laju respirasi dilakukan dengan memasukkan terung pirus sebanyak 0.75 kg ke dalam wadah stoples kaca yang memiliki volume 3276 ml dan ditutup rapat (Gambar 4). Selanjutnya, setiap wadah stoples yang berisi terung pirus disimpan pada berbagai tingkat suhu penyimpanan yaitu 5 °C, 10 °C, 15 °C dan suhu ruang.

Hasil pengukuran konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida di dalam stoples pada berbagai tingkat suhu penyimpanan ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Pola komposisi oksigen dengan semakin lama waktu penyimpanan terung pirus cenderung menurun dan pola komposisi karbondioksida cenderung meningkat.

Penyimpanan terung pirus pada suhu 5°C memperlihatkan nilai rata-rata konsumsi oksigen pada kondisi awal adalah 16.10 % dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 9.48 %. Penyimpanan terung pirus pada suhu 10°C memperlihatkan nilai rata-rata konsumsi oksigen pada kondisi awal adalah 16.00 % dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 3.85 %. Penyimpanan terung pirus pada suhu 15°C memperlihatkan nilai rata-rata konsumsi oksigen pada kondisi awal adalah 18.93 % dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 1.98 %.



pada suhu ruang memperlihatkan nilai rata-rata konsumsi oksigen pada kondisi awal adalah 18.74 % dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 1.36 %.

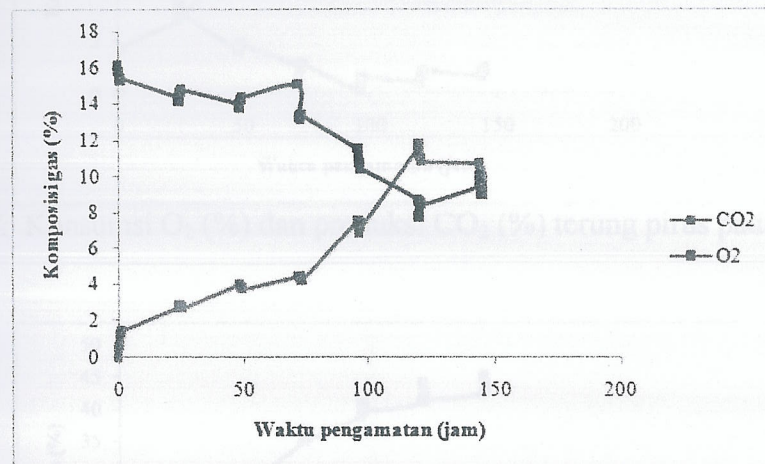


Gambar 4. Pengukuran laju respirasi

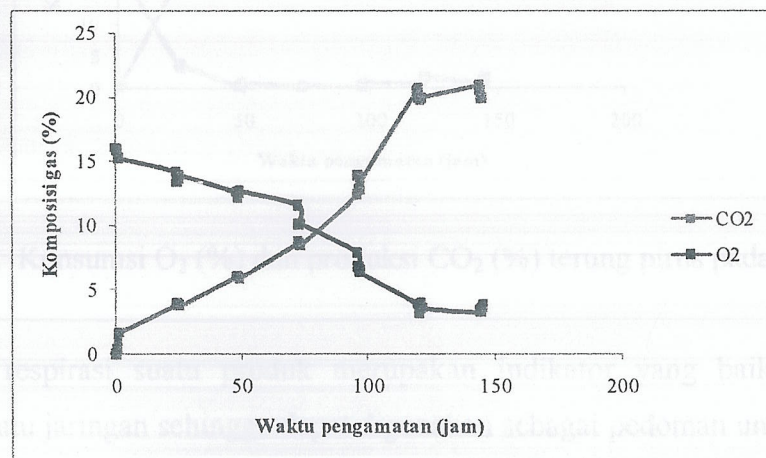
Sementara itu, penyimpanan terung pirus pada suhu  $5^{\circ}\text{C}$  memperlihatkan nilai rata-rata produksi karbondioksida pada kondisi awal sangat kecil yakni mendekati 0% namun pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 9.68 %. Begitupun pada penyimpanan terung pirus pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  memperlihatkan nilai rata-rata produksi karbondioksida pada kondisi awal mendekati 0 % dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 19.8 %. Penyimpanan terung pirus pada suhu  $15^{\circ}\text{C}$  memperlihatkan nilai rata-rata produksi karbondioksida pada kondisi awal adalah 0.075 % dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 26.25 %. Penyimpanan terung pirus pada suhu ruang



memperlihatkan nilai rata-rata produksi karbondioksida pada kondisi awal adalah 1.36% dan pada akhir penyimpanan (144 jam) menjadi 42.8 %. Tingginya nilai karbondioksida pada akhir penyimpanan di suhu ruang turut juga dipengaruhi oleh kondisi udara lingkungan yang banyak mengandung asap pada saat penelitian.

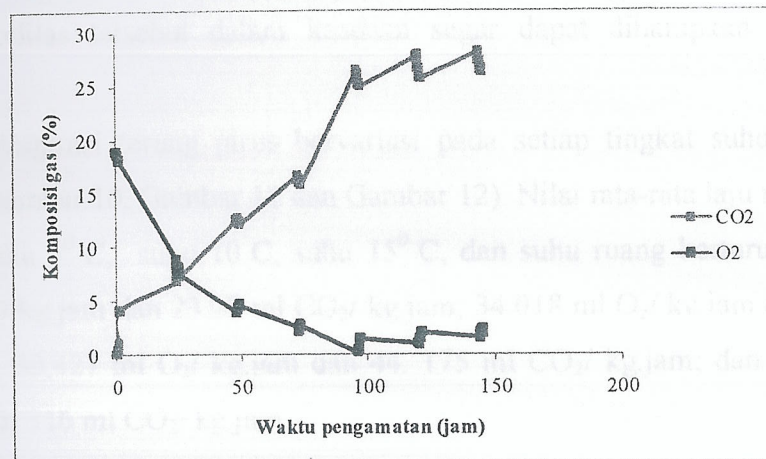


Gambar 5. Konsumsi O<sub>2</sub> (%) dan produksi CO<sub>2</sub> (%) terung pirus pada suhu 5<sup>0</sup> C.

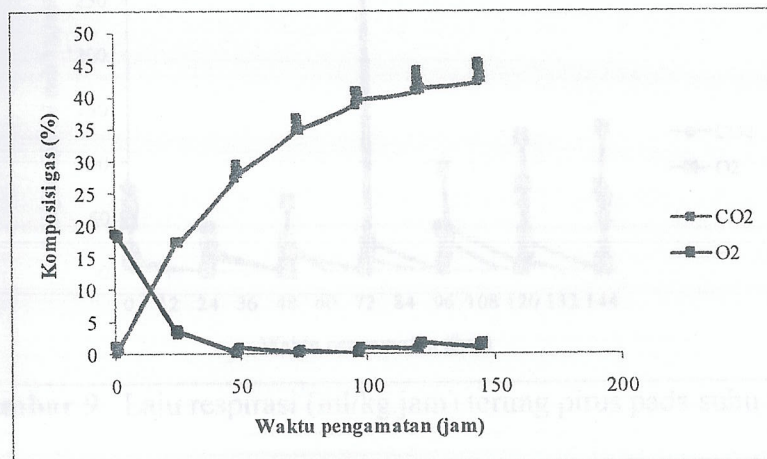


Gambar 6. Konsumsi O<sub>2</sub> (%) dan produksi CO<sub>2</sub> (%) terung pirus pada suhu 10<sup>0</sup> C.





**Gambar 7.** Konsumsi O<sub>2</sub> (%) dan produksi CO<sub>2</sub> (%) terung pirus pada suhu 15<sup>0</sup> C.



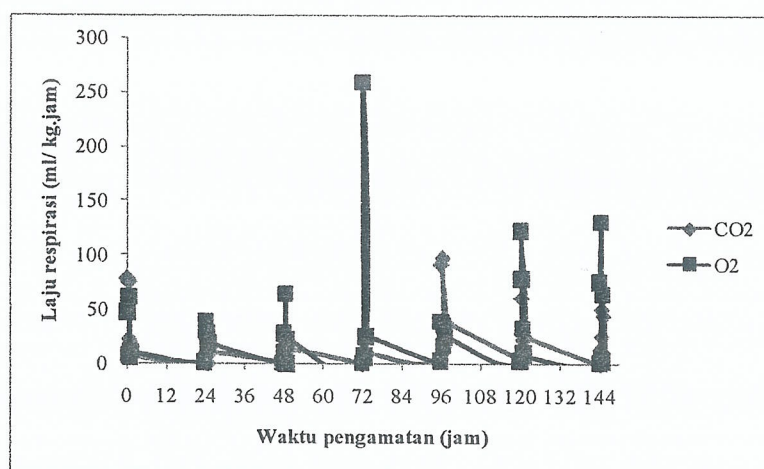
**Gambar 8.** Konsumsi O<sub>2</sub> (%) dan produksi CO<sub>2</sub> (%) terung pirus pada suhu Ruang.

Laju respirasi suatu produk merupakan indikator yang baik dari aktifitas metabolik suatu jaringan sehingga dapat digunakan sebagai pedoman untuk mengetahui potensi penyimpanan produk segar (Wills *et al.* 1981). Hal yang sama juga dinyatakan oleh Pantastico (1989), bahwa masa simpan buah-buahan dan sayur-sayuran segar dapat diperkirakan berdasarkan tingkat laju respirasinya, semakin tinggi laju respirasinya maka masa simpan bahan yang bersangkutan menjadi semakin singkat. Demikian sebaliknya, semakin rendah laju respirasi buah-buahan dan sayur-sayuran maka masa

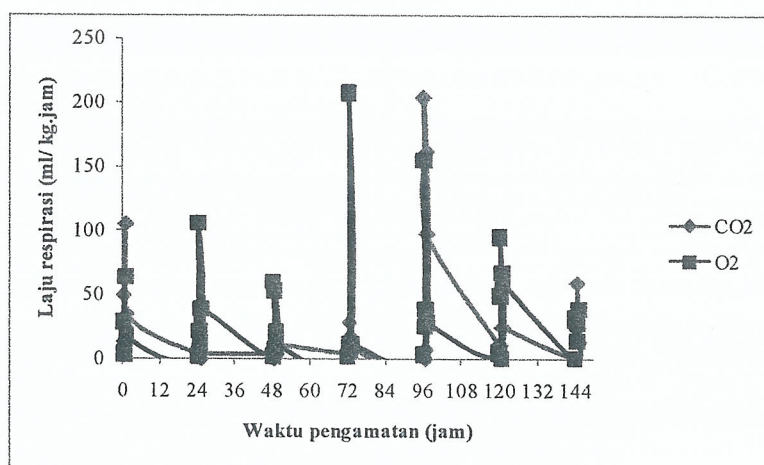


simpan komoditas tersebut dalam keadaan segar dapat diharapkan menjadi lebih panjang.

Pola respirasi terung pirus bervariasi pada setiap tingkat suhu penyimpanan (Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12). Nilai rata-rata laju respirasi terung pirus pada suhu 5<sup>0</sup> C, suhu 10 C, suhu 15<sup>0</sup> C, dan suhu ruang berturut-turut adalah 34.038 ml O<sub>2</sub>/ kg.jam dan 23.27 ml CO<sub>2</sub>/ kg.jam; 34.018 ml O<sub>2</sub>/ kg.jam dan 28. 781 ml CO<sub>2</sub>/ kg.jam; 30.427 ml O<sub>2</sub>/ kg.jam dan 44. 175 ml CO<sub>2</sub>/ kg.jam; dan 22.625 ml O<sub>2</sub>/ kg.jam dan 83. 316 ml CO<sub>2</sub>/ kg.jam.

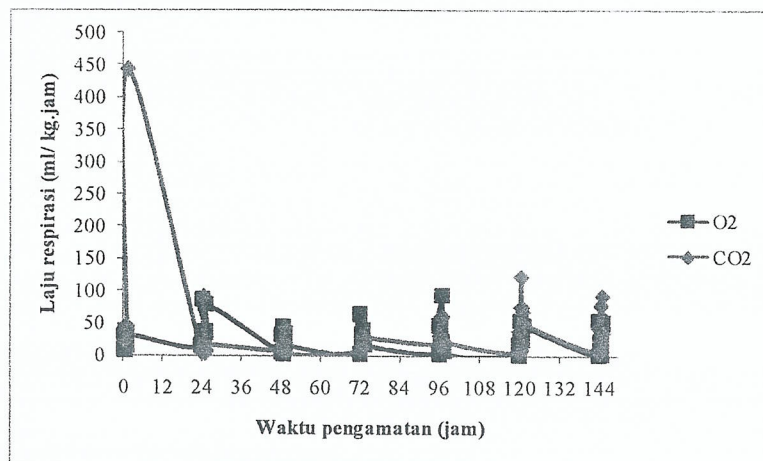


Gambar 9. Laju respirasi (ml/kg.jam) terung pirus pada suhu 5<sup>0</sup> C.

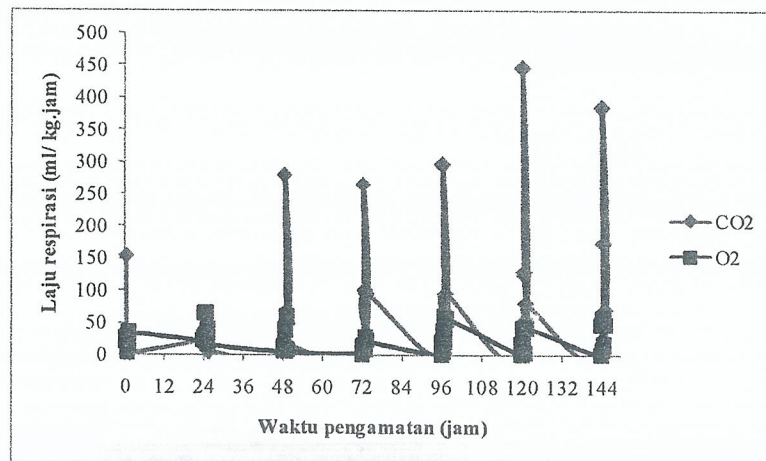


Gambar 10. Laju respirasi (ml/kg.jam) terung pirus pada suhu 10<sup>0</sup> C.





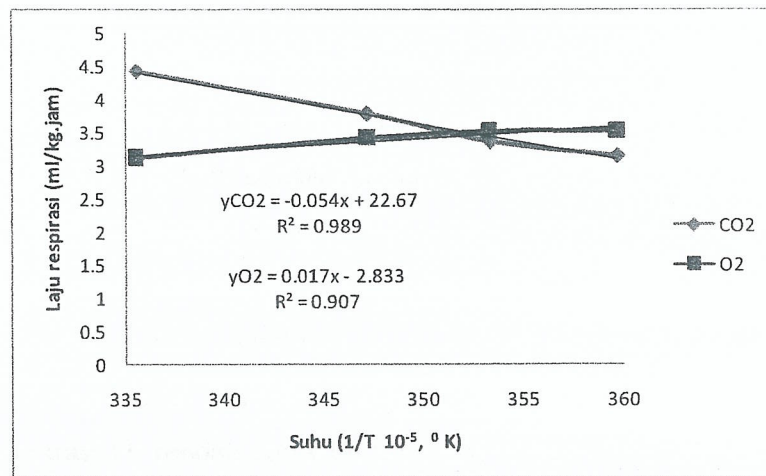
**Gambar 11.** Laju respirasi (ml/kg.jam) terung pirus pada suhu 15<sup>0</sup> C.



**Gambar 12** Laju respirasi (ml/kg.jam) terung pirus pada suhu ruang.

Selanjutnya, penentuan suhu kritis penyimpanan dilakukan dengan menggunakan persamaan *Arrhenius* dengan melihat hubungan antara laju respirasi dengan suhu penyimpanan. Berdasarkan hasil analisis ini, terlihat bahwa suhu penyimpanan 10<sup>0</sup> C, merupakan suhu kritis penyimpanan dengan persamaan regresi non linear  $Y_{CO_2} = -0.054x + 22.67$  dan  $Y_{O_2} = 0.017x - 2.883$  (Gambar 13) dengan demikian, suhu penyimpanan  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  merupakan suhu penyimpanan yang dipilih pada tahap penentuan komposisi atmosfer termodifikasi.

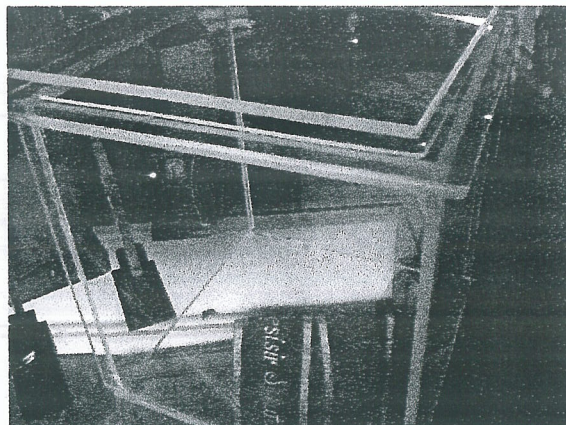




Gambar 13. Hubungan laju respirasi dengan suhu .

### 5.3. Pembuatan *chamber*

*Chamber* merupakan wadah yang akan digunakan untuk penentuan komposisi atmosfer termodifikasi. Pada penelitian ini, jumlah *chamber* yang dibuat adalah sebanyak 3 buah. Dua dari *chamber* telah selesai (Gambar 14). Ukuran dari *chamber* yang dibuat adalah 20 cm x 20 cm x 30 cm (p x l x t) yang terbuat dari bahan akrelik.



Gambar 14. *Chamber* akrelik



#### 5.4. Penentuan komposisi atmosfer penyimpanan

Pada penelitian ini, data penentuan toleransi buah terhadap konsentrasi O<sub>2</sub> rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi serta kombinasi konsentrasi O<sub>2</sub> rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi pada suhu 10°C belum diperoleh. Hal ini disebabkan karena terkendalanya pada peralatan ruang pendingin atau kulkas sehingga pengambilan data belum selesainya dilakukan sampai batas waktu penyerahan laporan akhir. Namun kegiatan penelitian ini terus berlanjut untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Tahapan penelitian selanjutnya adalah menentukan toleransi buah terhadap konsentrasi O<sub>2</sub> rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi serta kombinasi konsentrasi O<sub>2</sub> rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi pada suhu 10°C. Parameter mutu yang diamati selama penyimpanan meliputi susut bobot, warna kulit, kekerasan, vitamin C, total padatan terlarut, *electrolyte leakage* dan *malondialdehyde*. Dengan diketahui toleransi terung pirus terhadap O<sub>2</sub> rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi, maka akan membantu dalam pemilihan jenis film kemasan pada kemasan atmosfer termodifikasi.



## BAB 7. KESIMPULAN

Suhu penyimpanan  $10^{\circ}\text{C}$  merupakan suhu kritis penyimpanan terung pirus, dengan demikian suhu yang penyimpanan yang dipilih pada tahap penentuan komposisi atmosfer termodifikasi adalah  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ .



## DAFTAR PUSTAKA

- Beaudry, R. M. 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: Limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnol.* 10: 491–500.
- Cabrera, R.M., and Saltveit, M.E. (1990). Physiological response to chilling temperatures of intermittently warmed cucumber fruit. *Ameri. Soc. Hortic. Sci.*, 115, 256–261.
- Fahmy, K., and Nakano, K. (2014). The individual and combined influences of low oxygen and high carbon dioxide on chilling-injury suppression in cucumber fruit. *Environ. Control Biol.*, 52(3), 149–153.
- Fallik, E, Temkin-Gorodeiski, N., Grinberg, S., and Davidson, H. (1995). Prolonged low-temperature storage of eggplants in polyethylene bags. *Postharvest Biol. Technol.*, 5, 83–89.
- Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A., and Artés, F. (1998). Modified atmosphere packaging affects incidence of cold storage disorders and keep ‘flat’ peach quality. *Food Res. Int.*, 31, 571–579.
- Flores, F.B., Martínez-Madrid, M.C., Ben-Amor, M., Pech, J.C., Latché, A., and Romojaro, F. (2004). Modified atmosphere packaging confers additional chilling tolerance on ethylene-inhibited cantaloupe Charentais melon fruit. *Eur. Food Res. Technol.*, 219, 614–619.
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., and Brecht, J.K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Food Eng.* 52, 99–119.
- Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F., Prange, R. K. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta* 207: 604–611.



- Kader, A. A. 2002a. Postharvest biology and technology: An overview. In "Postharvest technology of horticultural crops" (ed. by Kader, A. A.), Ed. 3. Univ. California, Div. Agric. Nat. Resour., Oakland, CA, p 39–47.
- Karakaş, B., and Yıldız, F. (2007). Peroxidation of membrane lipids in minimally processed cucumbers packaged under modified atmospheres. *Food Chem.*, 100, 1011–1018.
- Macrae, E. A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand J. Exp. Agric.* 15: 333–344.
- McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27, 1254–1255.
- Parkin, K.L., Marangoni, A., Jackman, R.L., Yada, R.D., and Stanley, D.W. (1989). Chilling injury. A review of possible mechanisms. *Food Biochem.*, 13, 127–153.
- Pesis, E., Aharoni, D., Aharon, Z., Ben-Arie, R., Aharoni, N., and Fuchs, Y. (2000). Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 19, 93–101.
- Saltveit, M. E. 2002. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 295–304.
- Silaban, S.D., Prihastanti, E., Endang Saptiningsih, E. 2013. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kandungan Total Asam, Kadar Gula serta Kematangan Buah Terung Pirus (*Cyphomandra betacea* Sent.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 21 (1): 54–63.
- Sudarmadji, Slamet, Haryono, B., Suhardi. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta. 160 hal.
- Wang, C.Y., and Qi, L. (1997). Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biol. Technol.* 10: 195–200.
- Watkins, C. B. 2000. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *HortTechnol.* 10: 501–506



- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 2007. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Univ. New South Wales, Sydney, pp 52–66.
- Yang, H., Wu, F., and Cheng, J. (2011). Reduced chilling injury in cucumber by nitric oxide and the antioxidant response. *Food Chem.*, 127, 1237–1242.
- Yearsley, C. W., Banks, N. H., Ganesh, S., Cleland, D. J. 1996. Determination of lower oxygen limits for apple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 8: 95–109
- Julianti, Elisa. 2011. Pengaruh Tingkat Kematangan dan Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah Terong Belanda (*Cyphomandra betacea*). <http://journal.ipb.ac.id/>, 12 Februari 2013.